

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-062335

(43)Date of publication of application : 07.03.1997

(51)Int.Cl.

G05B 19/425  
B25J 9/22

(21)Application number : 07-243894

(71)Applicant : FANUC LTD

(22)Date of filing : 30.08.1995

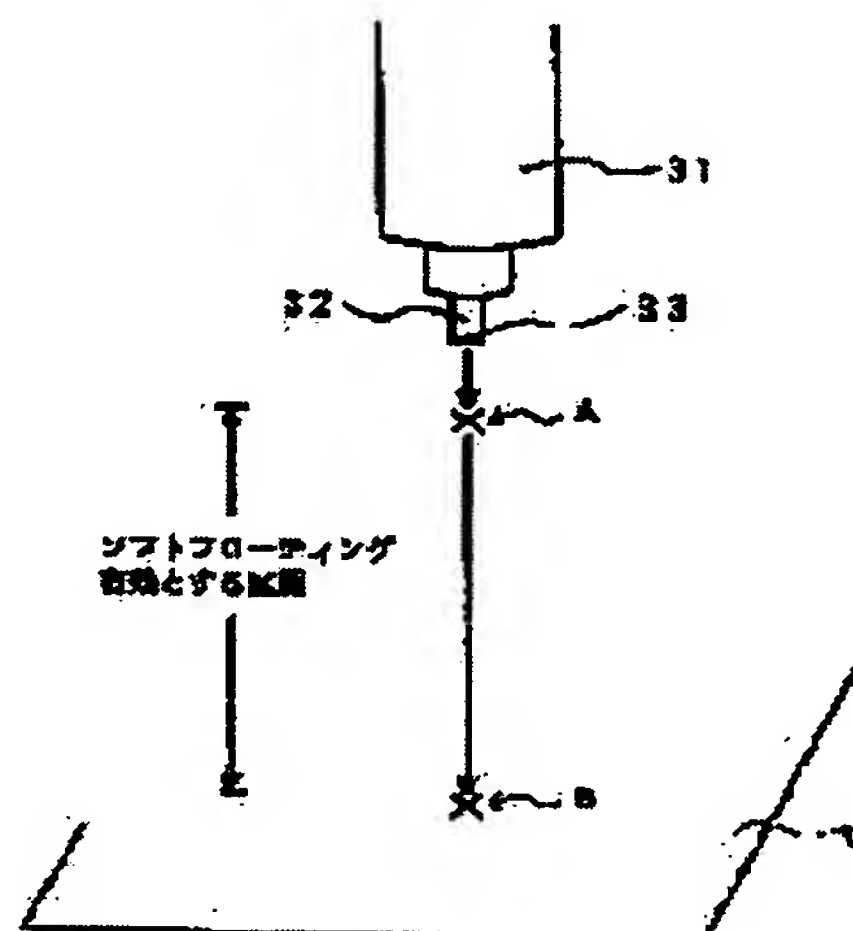
(72)Inventor : KOSAKA TETSUYA  
OKANDA KOICHI

## (54) POSITION TEACHING METHOD USING SOFT FLOATING FUNCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To teach a robot an accurate position in a simple operation.

SOLUTION: A robot is jogged to a position A that is proper as an approach point to a target teaching point B and temporarily stopped there. Thus the approach point A is shown to the robot as a teaching position. A soft floating function is validated while the robot is stopped at the point A, and the gains  $K_p$  and  $K_v$  of the position and velocity loops are adjusted downward respectively. The robot is manually moved toward the point B while the soft floating function is kept valid, and the tip 33 of an end effector 32 that is attached to a robot hand 31 is pressed onto the face of a work W corresponding to the point B. When a press end command is inputted, a position where the balance is secured between the pressing force corresponding to the set servo control rigidity and its reaction is fetched by a robot controller. Thus the teaching is finished for the position of the point B. The holding mechanism, etc., of a machine tool can know the position of the point B by means of the pulling force of an external device.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3483675

[Date of registration] 17.10.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 6 2 3 3 5

(43) 公開日 平成9年(1997)3月7日

| (51) Int. Cl. <sup>6</sup> | 識別記号   | 庁内整理番号 | F I     | 技術表示箇所  |
|----------------------------|--------|--------|---------|---------|
| G 0 5 B                    | 19/425 |        | G 0 5 B | 19/42 F |
| B 2 5 J                    | 9/22   |        | B 2 5 J | 9/22 Z  |

審査請求 未請求 請求項の数 6

F D

(全 1 0 頁)

(21) 出願番号 特願平7-243894

(22) 出願日 平成7年(1995)8月30日

(71) 出願人 390008235

ファナック株式会社

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地

(72) 発明者 小坂 哲也

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

(72) 発明者 大神田 光一

山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 ファナック株式会社内

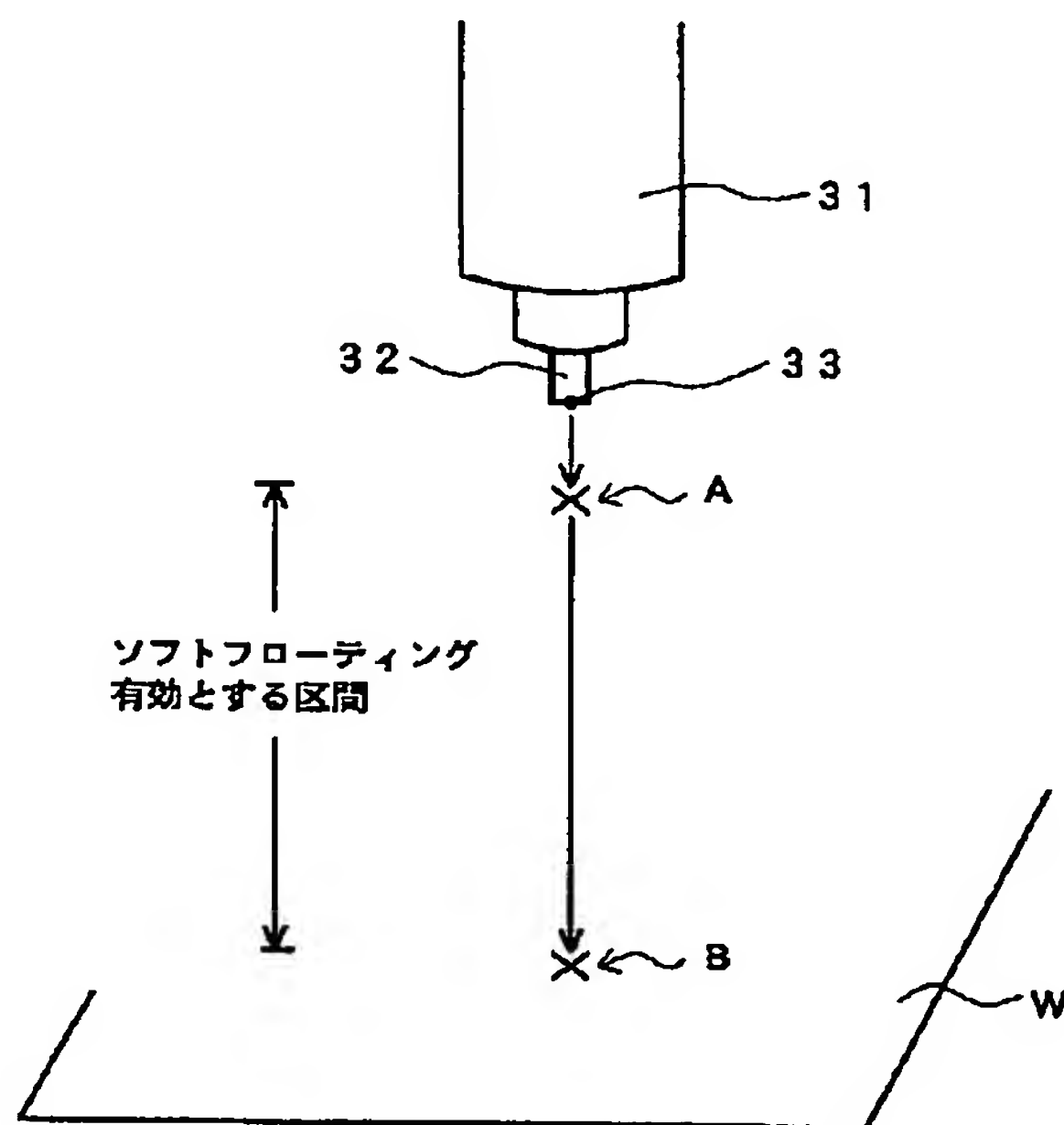
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外4名)

(54) 【発明の名称】 ソフトフローティング機能を用いた位置指示方法

(57) 【要約】

【課題】 簡単な操作でロボットに正確に位置を指示すること。

【解決手段】 目標とする教示位置Bに対するアプローチ点として適当な位置Aへロボットをジョグ移動させて一旦停止させ、アプローチ点Aを位置指示する。ロボットをアプローチ点Aに停止させた状態で、ソフトフローティング機能を有効化させ、位置ループと速度ループのゲイン $K_p$ 、 $K_v$ を下方調整する。ソフトフローティング機能を有効化したまま、目標教示点Bへ向けて手動操作でロボットを移動させ、ロボットハンド31に装着されたエンドエフェクタ32の先端33を目標教示点Bに対応するワークW面に対して押し付ける。押し付け完了指令を入力すると、設定されたサーボ制御の剛性に対応した押し付け力とこれに対する反力がバランスした位置がロボットコントローラに取り込まれ、目標とする教示点Bの位置指示が完了する。工作機械の把持機構など、外部機器側の引き込み力を利用して、目標教示点Bの位置を獲得することも出来る。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ロボットコントローラによって制御されるロボットを目標とする教示位置の手前のアプローチ点で停止させる段階と、  
 前記ロボットを停止させた状態でソフトフローティング機能を有効化する段階と、  
 前記ソフトフローティング機能の有効状態を維持しながら、前記ロボットを目標とする教示点へ向けて手動操作によって移動させる段階と、  
 前記ソフトフローティング機能の有効状態を維持しながら、前記ロボットを目標とする教示点に対応した外部物体面へ向けて手動操作によって押し付ける段階と、  
 前記押し付けの完了を前記ロボットコントローラに入力する段階と、  
 前記ロボットの収束位置を目標教示点位置として前記ロボットコントローラ内に記憶する段階を含み、  
 前記ソフトフローティング機能の有効期間中には、前記ロボットの各軸のサーボモータを制御するサーボ制御系の速度ループの速度指令  $v_c$  に対して重力補償項  $T_g$  を継続して足し込まむ処理が実行されるとともに、前記各軸のサーボモータを制御するサーボ制御系の位置ループのゲイン  $K_p$  と速度ループのゲイン  $K_v$  が予め定められた条件で下方調整されるとともに、  
 前記重力補償項  $T_g$  は、前記ロボットが静止状態にある時に記憶された前記速度ループ内に設けられた積分項 ( $K_g / s$  ; 但し、 $K_g$  は積分器のゲイン、 $s$  はラプラス演算子) に基づいて定められる、ソフトフローティング機能を用いた位置教示方法。  
 【請求項 2】 前記位置ループのゲイン  $K_p$  と速度ループのゲイン  $K_v$  の下方調整の条件が、前記ロボットコントローラのマニュアル入力部に付属したディスプレイを用いて予め画面入力される、請求項 1 に記載されたソフトフローティング機能を用いた位置教示方法。  
 【請求項 3】 ロボットコントローラによって制御されるロボットを目標とする教示位置の手前のアプローチ点で停止させる段階と、  
 前記ロボットを停止させた状態でソフトフローティング機能を有効化する段階と、  
 前記ソフトフローティング機能の有効状態を維持しながら、前記ロボットを目標とする教示点に対応した外部機器からの力の作用を利用して引き込むように移動させる段階と、  
 前記引き込みの完了を前記ロボットコントローラに入力する段階と、  
 前記ロボットの収束位置を目標教示点位置として前記ロボットコントローラ内に記憶する段階を含み、  
 前記ソフトフローティング機能の有効期間中には、前記ロボットの各軸のサーボモータを制御するサーボ制御系の速度ループの速度指令  $v_c$  に対して重力補償項  $T_g$  を継続して足し込まむ処理が実行されるとともに、前記各

軸のサーボモータを制御するサーボ制御系の位置ループのゲイン  $K_p$  と速度ループのゲイン  $K_v$  が予め定められた条件で下方調整されるようになっており、  
 前記重力補償項  $T_g$  は、前記ロボットが静止状態にある時に記憶された前記速度ループ内に設けられた積分項 ( $K_g / s$  ; 但し、 $K_g$  は積分器のゲイン、 $s$  はラプラス演算子) に基づいて定められる、ソフトフローティング機能を用いた位置教示方法。

【請求項 4】 ロボットコントローラによって制御されるロボットを目標とする教示位置の手前のアプローチ点で停止させる段階と、  
 前記ロボットを停止させた状態でソフトフローティング機能を有効化する段階と、  
 前記ソフトフローティング機能の有効状態を維持しながら、前記ロボットを目標とする教示点へ向けて手動操作によって移動させる段階と、  
 前記ソフトフローティング機能の有効状態を維持しながら、前記ロボットを目標とする教示点に対応した外部機器からの力の作用を利用して引き込むように移動させる段階と、  
 前記引き込みの完了を前記ロボットコントローラに入力する段階と、  
 前記ロボットの収束位置を目標教示点位置として前記ロボットコントローラ内に記憶する段階を含み、  
 前記ソフトフローティング機能の有効期間中には、前記ロボットの各軸のサーボモータを制御するサーボ制御系の速度ループの速度指令  $v_c$  に対して重力補償項  $T_g$  を継続して足し込まむ処理が実行されるとともに、前記各軸のサーボモータを制御するサーボ制御系の位置ループのゲイン  $K_p$  と速度ループのゲイン  $K_v$  が予め定められた条件で下方調整されるようになっており、  
 前記重力補償項  $T_g$  は、前記ロボットが静止状態にある時に記憶された前記速度ループ内に設けられた積分項 ( $K_g / s$  ; 但し、 $K_g$  は積分器のゲイン、 $s$  はラプラス演算子) に基づいて定められる、ソフトフローティング機能を用いた位置教示方法。  
 【請求項 5】 前記位置ループのゲイン  $K_p$  と速度ループのゲイン  $K_v$  の下方調整の条件が、前記ロボットコントローラのマニュアル入力部に付属したディスプレイを用いて予め画面入力される、請求項 3 または請求項 4 に記載されたソフトフローティング機能を用いた位置教示方法。

【請求項 6】 前記外部機器がワークの把持機構である、請求項 3 または請求項 4 に記載されたソフトフローティング機能を用いた位置教示方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は産業用ロボット（以下、単に「ロボット」と言う。）の位置教示方法に関し、更に詳しく言えば、ソフトフローティング機能を用

いることにより、外力を利用して正確に教示位置を定めることが出来るようにした位置教示方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】今日、ロボットの制御方式は、ロボットの各軸のモータをサーボ制御系を用いて位置制御する方式が最も一般的である。また、これらのロボット制御においては、正確な位置決めが要求されるために、通常、サーボ制御系に高い剛性が与えられている。ロボットを手動操作して位置教示を行なう場合にも、サーボ制御系に高い剛性を与えた状態で行なわれることが多い。

【0003】ところが、このような剛性の高いサーボ制御系によって制御されているロボットの一部やハンド、あるいはそこに把持されたワーク、工具等が周辺の物体に遭遇・接触（干渉）した場合、ロボットのツール先端点は障害物に抗して目標位置に向かって移動を強行しようとするようになる。その結果生じる干渉力は、ロボットの機構部、ハンド、把持ワーク、工具あるいは周辺物体を破損する原因となる。

【0004】ロボットの剛性を下げた状態でロボットを動作させる方式もあり、ソフトフローティングと呼ばれている。しかし、従来のソフトフローティングの機能は、主に再生運転時に利用されるもので、ロボットを手動操作しながらティーチングプレイバック方式による教示時にこのソフトフローティング機能を効果的に利用する具体的な手法は未提案であった。

【0005】なお、本発明の方法に類似した手法としてリードスルーティーチと呼ばれる教示方法が知られているが、この方法はロボットの手先部（ティーチングハンドル）に人為的な力を加え、この外力を打ち消す方向にロボットを移動させる制御を行なうものである。即ち、リードスルーティーチは、「能動的」に外力を打ち消す方向へロボットを移動させる制御を教示時に適用するものである。これに対して、以下に説明するように、本発明では、「受動的」に外力を打ち消す方向へロボットを移動させる制御が教示時に適用される。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、ロボットを手動操作しながら行なうティーチングプレイバック方式による教示について、干渉力による障害の発生を避けながらロボットに正確に位置を教示出来るようにした、ソフトフローティング機能をするところである。

【0007】また、本発明は、そのことを通して、ロボットの教示作業の負担を軽減し、各種のロボット作業の精度と安全性を向上させることを企図するものである。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、ロボットを目標とする教示点位置の手前に設定されるアプローチ点で停止させ、ソフトフローティング有効化時の重力補償に必要な情報を得た上でソフトフローティング有効化するようにし、更に、目標とする教示点の位置を獲得するに

あたっては、押し付けに対する反力または引き込み力を利用することによって、上記課題を解決した。

【0009】押し付けは、ソフトフローティング機能の有効状態を維持しながら、目標とする教示点に対応した外部物体（ワークなど）面へ向けて手動操作によってロボットを押し付けるように行なわれる。そして、押し付けの完了をロボットコントローラに入力することで、ロボットの収束位置が目標教示点位置としてロボットコントローラ内に記憶される。

10 【0010】また、工作機械の把持機構などの外部機器による引き込み力が利用出来る場合には、ソフトフローティング機能の有効状態を維持しながら、ロボットを目標とする教示点に対応した外部機器からの力の作用を利用して引き込むように移動させる。この引き込みは、アプローチ点から開始しても良いが、多少の手動操作による移動後に開始しても良い。

【0011】そして、押し付けの完了をロボットコントローラに入力することで、ロボットの収束位置が目標教示点位置としてロボットコントローラ内に記憶される。

20 【0012】ソフトフローティング有効化時には、位置ループのゲイン $K_p$ と速度ループのゲイン $K_v$ が下方調整されるが、その条件は、例えば教示操作盤の付属ディスプレイを用いて予め画面入力されるようにすることが好ましい。

【0013】ソフトフローティング機能の有効期間中の重力補償は、ロボットの各軸のサーボモータを制御するサーボ制御系の速度ループの速度指令 $v_c$ に対して重力補償項 $T_g$ を継続して足し込まむ処理を実行すること実行される。

30 【0014】この重力補償項 $T_g$ は、ロボットが静止状態にある時に記憶された速度ループ内の積分項（ $K_g / s$ ；但し、 $K_g$ は積分器のゲイン、 $s$ はラプラス演算子）に基づいて定められる。

#### 【0015】

【作用】本発明は、手動操作時にソフトフローティング機能を用いることで、ロボットに押し付けまたは引き込みの外力を受動的に作用させて教示位置を獲得する点に基本的な特徴がある。そこで、先ず、ソフトフローティング機能の概略とソフトフローティング機能の有効化時にトルク不足状態を補償するための処理について説明する。

40 【0016】一般に、ロボットは、位置制御ループ及び速度制御ループを有するサーボ制御系によって制御されている。図1は、その基本形を示したブロック図で、符号1は位置ループゲイン $K_p$ の項、符号2は速度ループゲイン $K_v$ の項をそれぞれ表わしている。また、符号3、4はモータの伝達関数の項であり、3はトルク定数 $K_t$ 、4はイナーシャ $J$ の項である。更に、符号5はモータ速度 $v$ を積分してモータ位置 $q$ を求める伝達関数である。なお、 $s$ はラプラス演算子を表わしている。



【0017】ロボットコントローラの内部で作成される移動指令 $r$ とモータ位置 $q$ より位置偏差 $e$ が算出され、該位置偏差 $e$ に位置ループゲイン $K_p$ を乗じて速度指令 $v_c$ が出力される。更に、速度偏差 $e$ が速度指令 $v_c$ とモータ速度 $v$ より算出され、この速度偏差 $e$ に速度ループゲイン $K_v$ を乗じてトルク指令 $t_c$ が出力される。そして、該トルク指令 $t_c$ に応じた駆動電流がモータに供給される。なお、速度ループの制御においては、P制御に代えてPI制御またはIP制御が適用される場合もある。

【0018】一般に、ソフトフローティング機能は、ロボットコントローラ内でホストCPUが、位置ループのゲイン $K_p$ と位置ループのゲイン $K_v$ を通常モード時の値からより低い値に低下させる指令をサーボ制御系へ送ることによって有効化される。これらゲイン $K_p$ 、ゲイン $K_v$ が下方に調整されると、ロボットに外力が作用しても、速度指令 $V_c$ とトルク指令 $t_c$ の増大が抑制される。

【0019】しかし、図1に示した系をそのまま用いてゲイン $K_p$ 、ゲイン $K_v$ を大幅に低下させると、当然、重力作用などのためにトルクが不足状態となることが考えられる。従って、このようなトルク不足状態を補償するための処理が必要となる。

【0020】図2は、図1に示した基本形のブロック図に、トルク不足状態を補償するための公知の処理を表わすブロックを書き加えたブロック図である。同図に示したように、速度指令 $v_c$ に対して、トルク不足分を補償する積分項6 ( $Kg/s$ ; 但し、 $Kg$ は積分器のゲイン)を設け、速度指令 $v_c$ を入力とする速度ループ処理で計算されるトルク $t_c$ に足し込まれる。

【0021】更にこの積分項6 ( $Kg/s$ )には、重力分のトルクが溜る性質があり、ソフトフローティング機能による制御開始時の積分項6 ( $Kg/s$ )の溜りを、重力分のトルク $T_g$ として、ソフトフローティング機能による動作中の重力方向の補償のために足し込むことが行なわれる。

【0022】このような $T_g$ の決め方を採用する場合、ソフトフローティング機能による制御開始時の積分項6 ( $Kg/s$ )の溜りは重力方向(鉛直方向)である必要がある。そのためには、ソフトフローティング機能有効化時にロボットが静止していれば良い。

【0023】一方、位置指示作業においては、目標とする指示位置の手前側でアプローチ点の指示を行なうことが殆どである。そして、このアプローチ点では、当然ロボットが一旦停止される。本発明は、このアプローチ点における条件(一旦は、静止状態となること)が、上述した重力分を含むトルク不足補償処理が適正に機能する条件に合致している点に着目した。

【0024】即ち、本発明では、アプローチ点から目標とする指示位置へ向かうアプローチ動作の開始時にソフトフローティング機能が有効化される。従って、本発明

の方法によれば、上記積分項6 ( $Kg/s$ )の溜りを重力方向(鉛直方向)のトルクと極めて良く一致し、フローティング機構有効化中の重力補償が正確に行なわれることになる。

【0025】その結果、フローティング機構有効化中のロボットに押し付けまたは引き込みの外力が働くと、ロボットは円滑に外力を打ち消す方法に受動的に移動する。この受動的移動の完了点で指示位置を獲得すれば、適度の押し付け力または引き込み力が作用した状態で安定した位置指示が達成される。また、重力落下をおそれること無く、位置ループ、速度ループのゲイン $K_p$ 、ゲイン $K_v$ を十分低い値に低下させることも出来るので、壊れ易いハンド、エンドエフェクタ、周辺機器等を使用するアプリケーションにおいても、干渉力による事故が発生するおそれが無くなる。

【0026】

【発明の実施の形態】図3は、本発明を実施する際に使用されるロボットコントローラの概略構成を要部ブロック図で例示したものである。先ず、ソフトフローティングサーボ制御に直接関係のある部分から説明すると、符号10はシステム全体を制御するホストコンピュータを表わしている。符号16は、ホストコンピュータ10から出力される移動指令や制御信号をディジタルサーボ回路17のプロセッサに引渡し、あるいは、逆にディジタルサーボ回路17のプロセッサからの各種信号をホストコンピュータ10に引き渡すための共有RAMメモリを表わしている。

【0027】サーボ制御を実行するディジタルサーボ(ソフトウェアサーボ)回路17は、プロセッサ、ROM、RAM等のメモリ等で構成される。符号18は、ロボット30における各軸のサーボモータの位置のフィードバック値、速度のフィードバック値、電流のフィードバック値等が書き込まれる帰還レジスタを表わしている。

【0028】他の部分について見ると、ホストCPU10にはバスライン19を介してROM11、RAM12、不揮発性メモリ13、外部装置40とのインターフェースの役割を果たす入出力装置(I/O)14、指示操作盤20とのインターフェース(I/F)15が接続されている。ROM11には、各種のシステムプログラムが格納される。RAM12は、ホストCPU10によるデータの一時記憶に使用されるメモリである。不揮発性メモリ13には、ロボット30及び外部装置40の動作内容に関する各種プログラム、関連設定値等が格納される。

【0029】指示操作盤20は、液晶ディスプレイ(LCD)及びキーボードKBを備え、プログラム再生運転指令、ジョグ送り指令、プログラムデータの入力/変更、関連設定値入力/変更に加え、後述する態様でソフトフローティングサーボの柔らかさを設定するための設

定画面の呼出等が可能となっている。

【0030】入出力装置14に接続される外部装置は、アプリケーションによって異なる。例えば、ワークの把持を伴う作業であればロボットハンド、バリ取り加工であればバリ取りツール（電源等を含む。）が入出力装置14に接続される。

【0031】本発明の方法は、（１）押し付けによる反力を利用して教示位置を獲得するケースと、（２）外部機器の引き込み力を利用して教示位置を獲得するケースのいずれについても適用が可能である。以下、これらの

ケースについて、必要な準備作業、ロボットの操作手順、ロボットコントローラRC内で実行される処理の概要について説明する。

【0032】１．まず、教示操作盤20のキーボードKBを操作して、「サーボ柔らかさ設定画面」をLCD上に呼出し、ソフトフローティングサーボの柔らかさを各軸毎に設定する。設定は、図4に例示したように、予め用意された条件#1, #2・・・の中から選択する形式で行なわれることが好ましい。各条件について記されている%表示の数値は、通常モードにおける位置ループゲイン、速度ループゲインKp, Kvに対する割合を表わしている。各数値の大きさは、空間内の各方向（例えばベース座標系上のXYZ各軸方向）について必要とされる柔らかさを考慮して決定されたものが用意される。図4に示した例では、条件#3が画面入力で設定される。

【0033】２．教示操作盤20のキーボードKBを操作して、目標とする教示位置に対するアプローチ点として適当と判断される位置へロボットをジョグ移動させ、停止（位置決め）させる。更に、教示操作盤20のキーボードKBを操作して、この位置をアプローチ点として位置教示する。なお、アプローチ点が教示済みの場合には、アプローチ点までの移動は再生運転で行なっても良い。

【0034】３．ロボットをアプローチ点に停止（位置決め）させた状態で、教示操作盤20のキーボードKB操作してソフトフローティング機能を有効化させる。すると、設定条件に従ってデジタルサーボ回路17の位置ループゲインKpと速度ループゲインKvが下方調整される。図4に示したように条件#3を設定した場合には、ホストCPU10から第1, 2, 3, 4, 5, 6軸

についてそれぞれ通常モード時の10, 20, 30, 10, 10, 10%のゲインに切り換える指令が出力される。

【0035】４．ソフトフローティング機能を有効に維持したまま、ロボットを目標とする教示点へ向けて手動操作（ジョグ送り）による移動を開始させる。ここで注意すべきことは、高い剛性を保ったままの位置教示の場合と異なり、ロボット目標とする教示点の位置は必ずしも厳密である必要はないということである。最終的な教示点位置は外力を利用して定められる。外力の利用の仕

方は二通りあり、一つは押し付け力に対する反力を利用する方法と、外部機器による引き込み力を利用する方法である。いずれを利用するかは、アプリケーションによる。次の5-1で5-2で、各ケースについて例を参照して説明する。

【0036】5-1．図5は、前者の押し付け力に対する反力を利用して教示位置を獲得する例について説明する図である。この方式で目標教示点の位置を獲得する場合には、ロボットハンド31に装着されたエンドエフェクタ32の先端33を目標教示点Bに対応するワークW面に対して押し付け気味にする。この動作はアプローチ点Aで有効化されたソフトフローティング機能を引続き有効に保ったまま、手動操作（ジョグキー操作）によって行なわれる。

【0037】オペレータは、押し付けが十分に行なわれたと判断した時点で教示操作盤20を操作し、押し付け完了指令をホストCPU10に送る。すると、設定されたサーボ制御の剛性に対応した押し付け力とこれに対する反力がバランスした位置がロボットコントローラRC内に取り込まれ、目標とする教示点Bの位置教示が完了する。この方式は、外部機器側の引き込み力が存在しない一般の場合に適用可能であり、例えばワーク面に対して一定の関係（離隔距離、食い込み距離、押し付け力など）で加工工具などのエンドエフェクタを押し付ける型のアプリケーションに対して有効に用い得る。

【0038】5-2．図6は、外部機器側の引き込み力が利用出来るケースについて説明する図である。同図において、符号50は例えば工作機械の把持機構を表わしており、この把持機能50にワークW'を把持させる動作の教示に本発明の方法が適用される。

【0039】把持機構50は、矢印60及び70の方向に可動なチャック51, 52と、ワークW'に対する当接面53を備えている。この場合、アプローチ点Aは、図示されているように、把持機構50の有効範囲（ワークW'をチャック51, 52で取り込める範囲）内に定まることが望ましい。

【0040】その場合、アプローチ点Aにロボットを移動させるまでの動作は、チャック51, 52を開いた状態（破線で表示）で行なわれる。アプローチ点Aで、ソフトフローティング機能を有効化されたならば、チャック51, 52を閉じ、更に矢印70左方側へ向かってチャック51, 52を動かして、ワークW'に引き込み力を作用させる。なお、チャック51, 52の閉塞と引き込みは、手動操作によりロボットをアプローチ点Aからある程度目標教示点Bに接近させてから行なっても良い。特に、アプローチ点Aと目標教示点Bの間の距離が大きい場合には、手動操作により目標教示点Bへ接近する移動指令を与え、サーボ制御系内で生じる位置偏差の大きさとこれに応じて発生するトルクを抑制することが好ましい。

【0041】引き込み過程を通してソフトフローティング機能は有効に保たれていることにより、ワークW'に作用する引き込み力がロボットに設定された剛性に対して不足しない限り、ロボットは図中左方向へ移動する。この移動は、ワークW'が把持機構50の当接面53に当接するまで続く。ワークW'の先端点QにTCP（ツール先端点）が設定されている場合には、ワークW'の当接が完了した時点で先端点Qが目標教示点Bに一致することになる。

【0042】オペレータは、ワークW'の引き込み完了と判断したならば、教示操作盤20を操作し、引き込み完了指令をホストCPU10に送る。すると、チャック51、52の引き込み力、設定されたサーボ制御の剛性に対応した復元力（アプローチ点A方向へ作用する。）並びに当接面53からの抗力がバランスした位置がロボットコントローラRC内に取り込まれ、目標とする教示点Bの位置教示が完了する。

【0043】このように、押し付け力を利用したケースと引き込み力を利用したケースのいずれにおいても、ロボットの位置を目標とする教示点Bに正確に一致させるような手動操作は要求されないため、オペレータの作業負担は大幅に軽減される。

【0044】図7は、ソフトフローティング機能の有効化前後から目標教示点Bの位置教示完了までの過程で実行される処理の概要を記したフローチャートである。

【0045】アプローチ点にロボットを停止させた状態でソフトフローティング有効化の指令を入力すると（ステップS1でイエス→ステップS2でイエス）、先ず、各軸について、前出の積分器（Kg/s）に溜った重力分のトルクがソフトフローティング有効化時の重力補償項Tgとして記憶される（ステップS3）。

【0046】次いで、各軸のサーボ制御系（デジタルサーボ回路17）で重力補償項Tgの足し込みを開始するとともに、位置ループゲインKpと速度ループゲインKvを設定条件通りに下方調整する（ステップS5）。このゲイン調整により、ソフトフローティング機能が有効化されサーボ制御系の剛性が低下するが、重力補償項Tgの足し込みが継続されているので、ロボットの落下は防止される。

【0047】ソフトフローティング機能が有効化後にジョグキーを操作してジョグ移動指令が入力されると（ステップS1でイエス→ステップS2でノー→ステップS6でイエス）、周知の方式でジョグ移動関連処理が実行される（ステップS7）。これにより、例えば、図5あるいは図6のケースにおけるアプローチ点Aから目標教示位置Bへの接近動作が達成される。但し、設定された剛性に打ち勝つような外力が作用した場合には、ロボットは移動指令通りの動きは実現されない。

【0048】即ち、図5のケースにおける押し付け、あるいは図6のケースにおけるチャック51、52の引き

込み動作が行なわれると、ロボットはバランス位置に収束しようとする動きをする。十分な押し付け、あるいは引き込み（ワークW'の当接面53への当接）が行なわれたとオペレータが判断した時点で、押付/引き込み完了指令を入力すると（ステップS1でイエス→ステップS2でノー→ステップS6でノー→ステップS8でイエス）、バランス位置への収束を確認した上で（ステップS9でイエス）、ロボットの現在位置（収束位置）が目標教示点Bの位置として記憶される（ステップS10）。

【0049】これによって、目標教示点Bの位置教示が完了する。なお、バランス位置への収束の確認は、例えば、各軸の速度が実質0（微小値ε以下）を確認することで行えるが、適当に設定された時間経過で代用しても良い。収束が良好であることが判っている場合には、ステップS9を省略することも出来る。

【0050】

【発明の効果】本発明によれば、ソフトフローティング機能によって干渉力による障害の発生を避けながら、ソフトフローティング機能有効時に作用する外力を利用して、簡単な操作でロボットに正確に位置を教示することが出来る。その結果、ロボットの位置教示作業の安全性と効率が改善される。

【図面の簡単な説明】

【図1】位置制御ループ及び速度制御ループを有するサーボ制御系の基本構成を説明するブロック図である。

【図2】図1に示した基本形のブロック図に、トルク不足状態を補償するための処理を表わすブロックを書き加えたブロック図である。

【図3】重力を考慮した場合の本発明のサーボ系の構成を示したブロック図である。

【図4】本発明を実施する際に使用されるロボットコントローラの概略構成を要部ブロック図で例示したものである。

【図5】押し付け力に対する反力を利用して教示位置を獲得する例について説明する図である。

【図6】外部機器側の引き込み力が利用出来るケースについて、教示位置を獲得する手順を説明する図である。

【図7】実施形態における処理の概要を説明するフローチャートである。

【符号の説明】

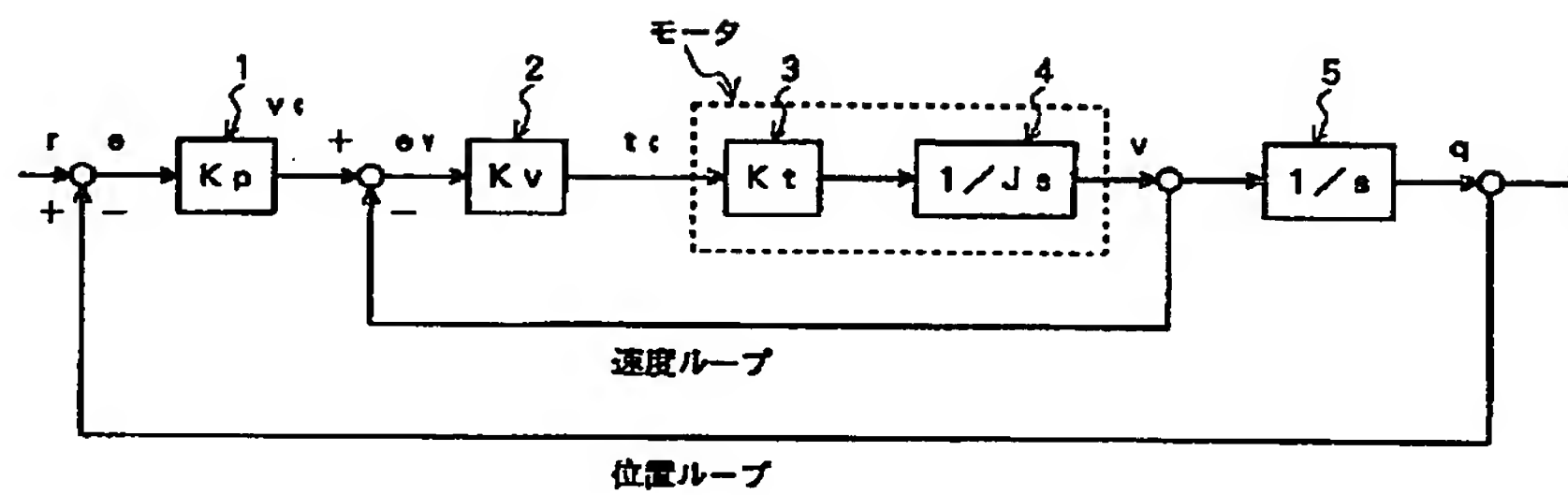
- 1 位置ループゲインの項
- 2 速度ループゲインの項
- 3, 4 モータの伝達関数の項
- 5 モータ速度からモータ位置を求める伝達関数
- 6 重力分を補償する積分項
- 10 ホストCPU
- 11 ROM
- 12 RAM
- 13 不揮発性メモリ



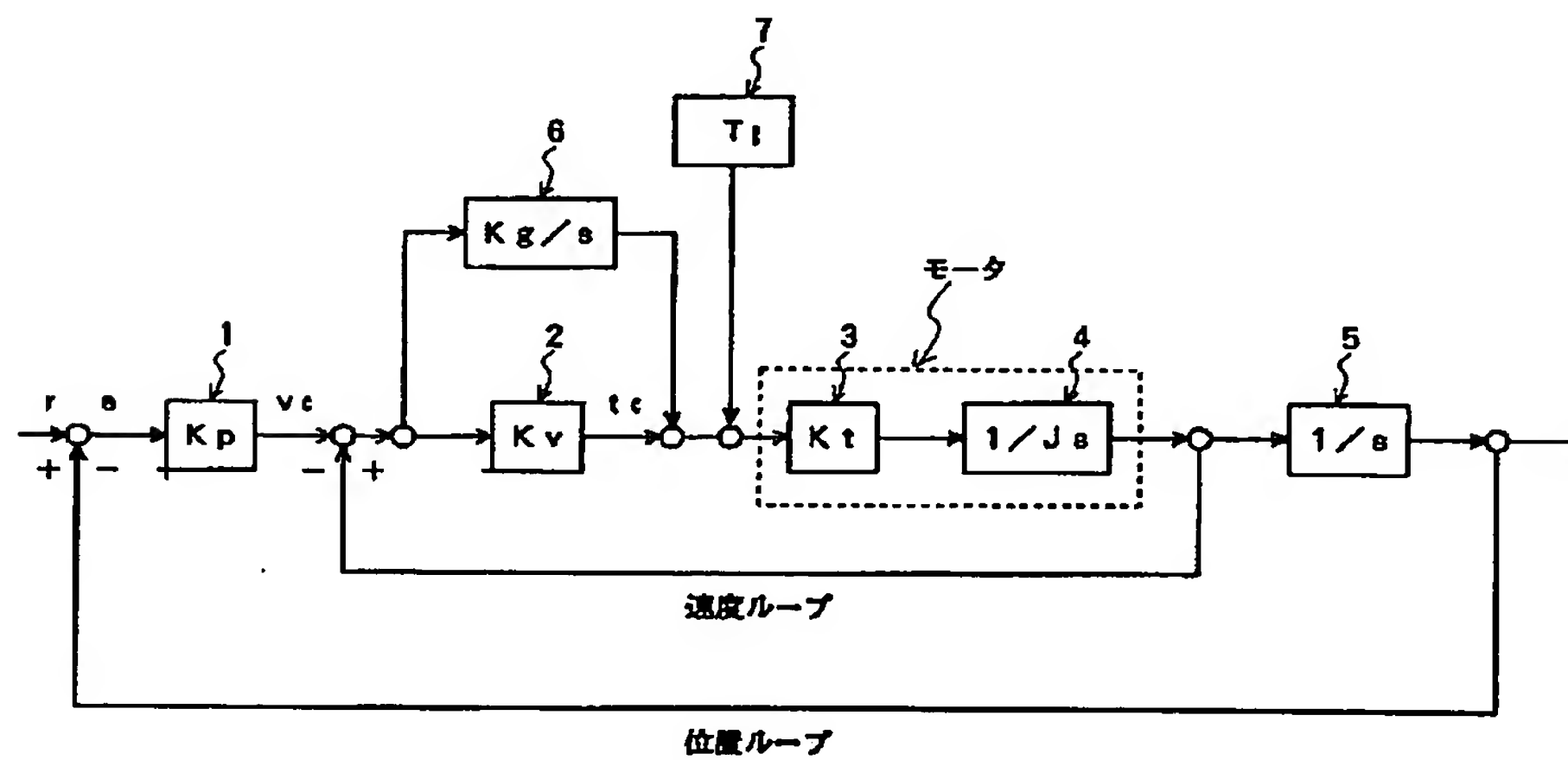
- 14 入出力装置
- 15 インターフェイス
- 16 共有RAM
- 17 デジタルサーボ回路
- 18 帰還レジスタ
- 19 バスライン
- 20 教示操作盤
- 30 ロボット
- 31 ロボットハンド

- 40 外部装置
- 50 把持機構
- 51, 52 チャック
- 53 当接面
- 60, 70 チャックの運動方向
- KB キーボード
- A アプローチ点
- B 目標教示点
- W, W' ワーク

【図1】

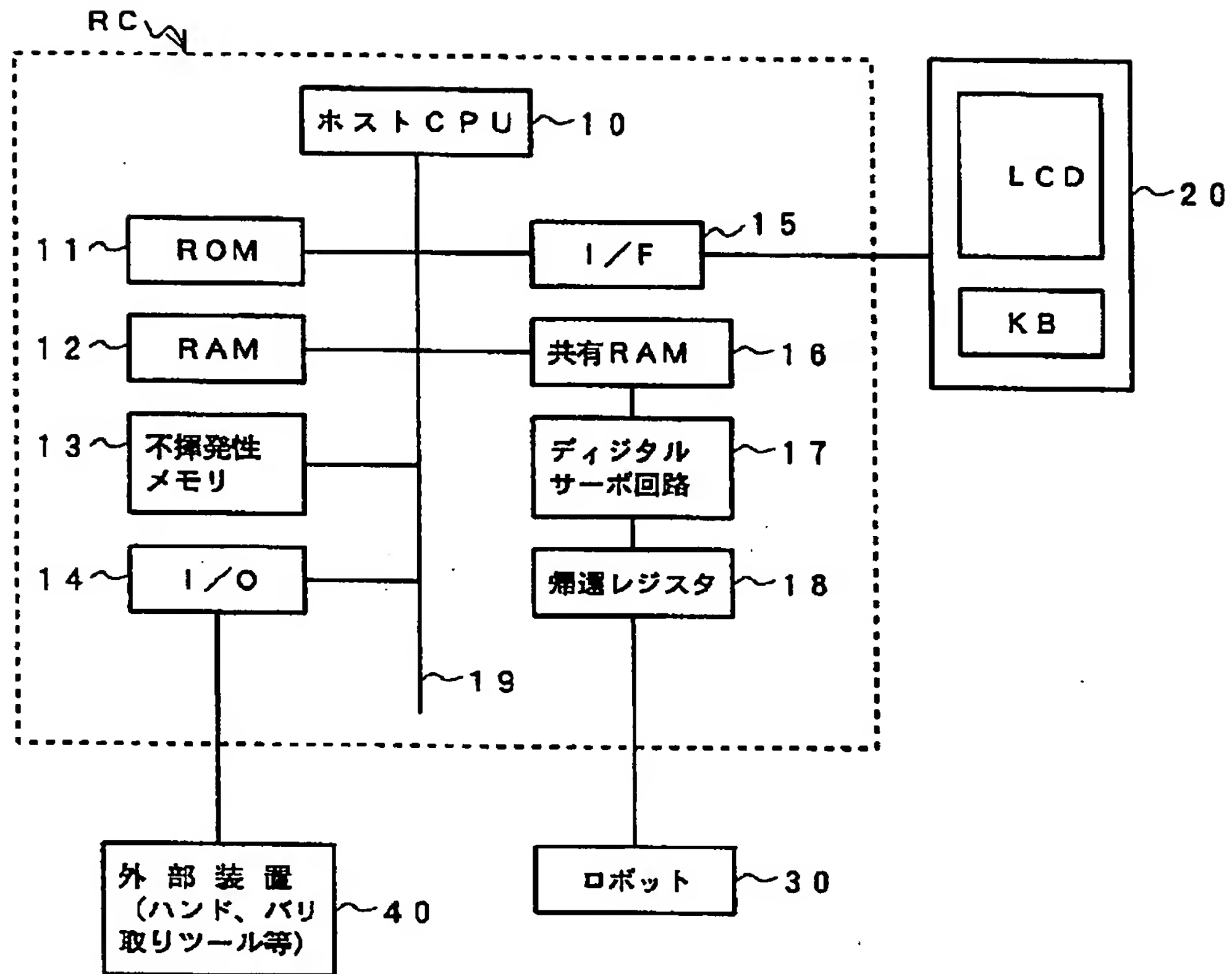


【図2】





【図 3】



【図 4】

////////セッタイ/カクシクソフトフロート////////

# 03 ラセッタイ シマス

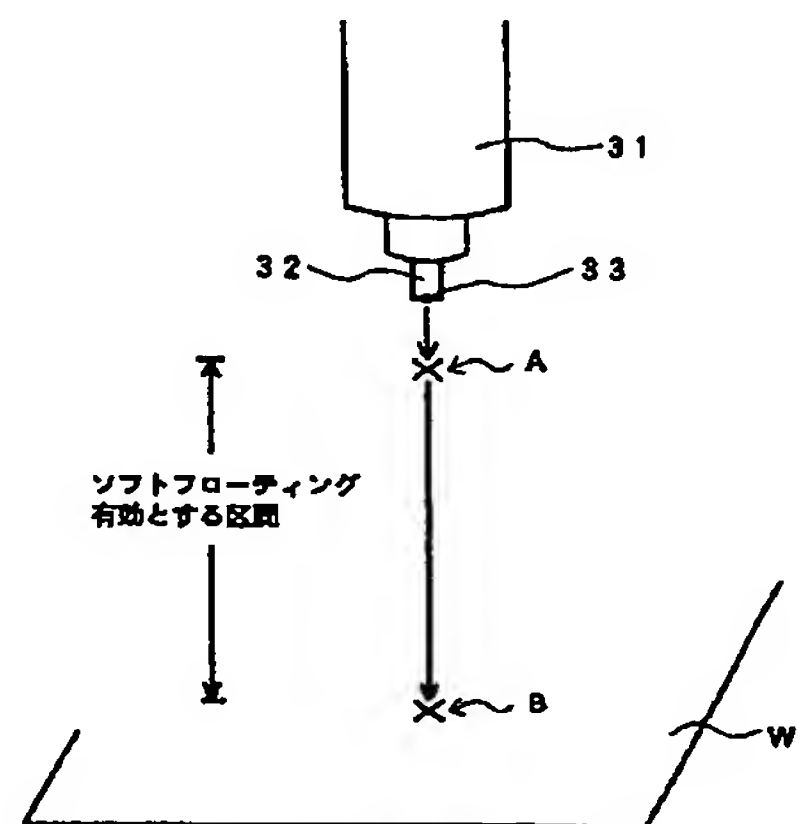
ジョウケン リスト

| ジクバンゴウ | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| #01    | 10% | 10% | 10% | 20% | 10% | 10% |
| #02    | 10% | 10% | 10% | 20% | 20% | 20% |
| #03    | 10% | 10% | 10% | 20% | 20% | 20% |
| #04    | 10% | 10% | 10% | 20% | 10% | 10% |
| #05    | 10% | 20% | 10% | 20% | 20% | 10% |

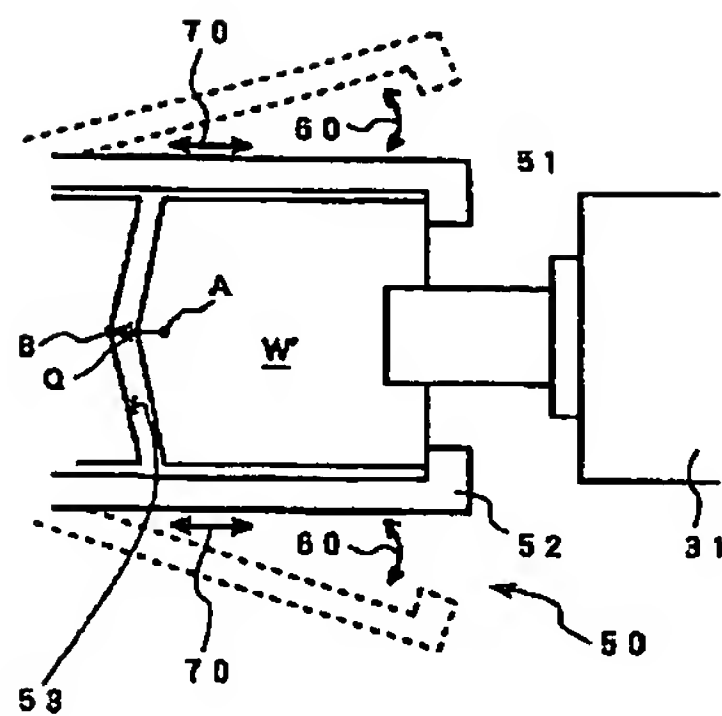
.....

.....

【図 5】



【図 6】



【図7】

